

# **Calibration method for robot measuring station e.g. for automobile production line, calibrates operating point of optical measuring device, robot axes of multi-axis measuring robot and alignment of robot with workpiece**

**Patent number:** DE19931676  
**Publication date:** 2001-01-18  
**Inventor:** ROOS EBERHARD (DE)  
**Applicant:** KUKA SCHWEISSANLAGEN  
GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B25J19/00; B23Q17/00;  
G01B11/03  
- **european:** B25J9/16T5; G01B21/04;  
G05B19/401C  
**Application number:** DE19991031676 19990708  
**Priority number(s):** DE19991031676 19990708

## **Abstract of DE19931676**

The calibration method uses successive calibration steps for calibration of the operating point of the optical measuring device (10), e.g. a 3D sensor, associated with the multi-axis measuring robot (6), for calibration of the robot axes and for calibration of the alignment of the robot with the workpiece (2) at the measuring station (1). An Independent claim for a calibration device for a robot measuring station is also included.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 199 31 676 C 2

51 Int. Cl. 7:  
B 25 J 19/00  
B 23 Q 17/00  
G 01 B 11/03

21 Aktenzeichen: 199 31 676.7-15  
22 Anmeldetag: 8. 7. 1999  
43 Offenlegungstag: 18. 1. 2001  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 7. 2002

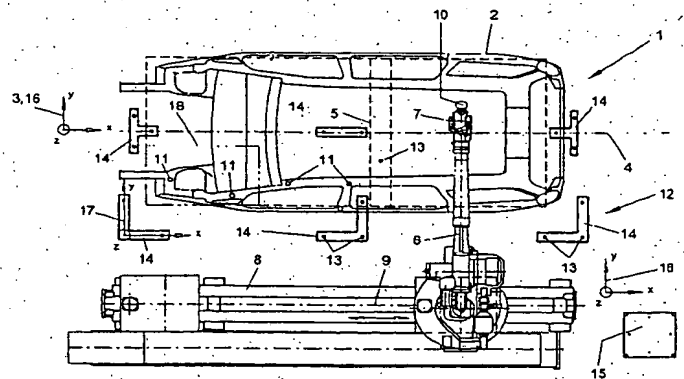
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
KUKA Schweissanlagen GmbH, 86165 Augsburg,  
DE  
74 Vertreter:  
Ernicke & Ernicke, 86153 Augsburg

72 Erfinder:  
Roos, Eberhard, Dr., 86316 Friedberg, DE  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 198 21 873 A1  
EP 05 22 411 A1  
EP 04 70 257 A1  
TSAI R.Y. et al., "A New Technique for Fully Auto-  
nomous and Efficient 3D Robotics Hand/Eye  
Calibra-  
tion", In: IEEE Transactions on Robotics and Auto-  
mation, 5 (1989), June, Nr.3, New York, S.345-358;  
LOOSE D.C. et al, "PPA-A Precise, Data Driven Com-  
ponent Tool", In: IEEE Robotics and Automation  
Ma-  
gazine Bd.1, Nr.1, 01.März 1994, S.6-12;

54 Verfahren zum Vermessen von Werkstücken und Bearbeitungsstation

57 Verfahren zum Vermessen von Werkstücken, insbeson-  
dere Fahrzeugkarosserien und deren Teilen, in einer Bear-  
beitungsstation mit mindestens einem Messwerkzeug,  
das von mindestens einem mehrachsigen Manipulator,  
insbesondere einem Messroboter, geführt und an ein  
oder mehrere Messpunkte am Werkstück bewegt wird,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) vor  
oder während der Vermessungen durch Anmessen von  
mehreren in der Nähe der werkstückseitigen Messpunkte  
(11) oder Messräume mit bekannter Position angeordne-  
ten Kalibriermarken (13) kalibriert und dabei eingenußt  
wird.



DE 199 31 676 C 2

(= 772-503)

772-986

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vermessen von Werkstücken, insbesondere Fahrzeugkarosserien und deren Teilen mit den Merkmalen im Oberbegriff des Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruchs.

[0002] In der Praxis sind Bearbeitungsstationen, insbesondere Vermessungsstationen, bekannt, in denen ein mehrachsiger Manipulator, insbesondere ein Industrieroboter, ein optisches Meßwerkzeug führt und damit eine Fahrzeugkarosserie an ein oder mehreren Meßpunkten vermißt. Vor dem Meßbetrieb wird der Roboter einmalig kalibriert, wobei seine Achsenfehler ermittelt und in den Maschinendaten beziehungsweise der Steuerung kompensiert werden. Darüber hinaus erfolgt eine einmalige Ausrichtung in Bezug auf das Bauteil durch Vermessung mit einem übergeordneten Meßsystem. Bei der Vermessung geht man davon aus, daß der einmalige Einrichtungsvorgang genügt und der Meßroboter dann eine hinreichende Meßgenauigkeit in seinem gesamten Arbeitsraum hat. Die erzielbare Meßpräzision und absolute Genauigkeit ist in der Praxis trotzdem beschränkt und unterliegt Fehlereinflüssen, die sich während des Betriebs über längere Zeiträume einstellen und z. B. auf temperaturabhängige Veränderungen der Robotergeometrie oder Verschleiß zurückzuführen sind. Die erzielbare Meßpräzision kann durch eine einmalige Justierung nicht gewährleistet werden. Es ist vielmehr eine fortlaufende Kalibrierung zum Ausgleich der Positionierfehler der einzelnen Systemkomponenten (Roboter, Zusatzachsen, Transportsystem etc.) erforderlich.

[0003] Aus der nachveröffentlichten DE 198 21 873 A1 ist ein Kalibrierverfahren für den Roboter an sich bekannt, welches allerdings nicht die Applikation betrifft, für die der Roboter eingesetzt wird. Der Roboter kann dabei mit einer Punktschweißzange oder einem anderen Bearbeitungswerkzeug ausgerüstet sein. Mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Vermessen von Werkstücken befasst sich dieser Stand der Technik nicht.

[0004] Die EP 0 470 257 A1 lehrt das "Teachen" eines Schweißroboters, wobei zunächst ein Bewegungsablauf offline in einem Programmierapparat programmiert wird. Dieser Bewegungsablauf wird dann in ein reales Bewegungsprogramm des Roboters übertragen. Die offline-Programmierung des Bewegungsablaufs erfolgt in einem Referenz-Koordinatensystem für das Fahrzeug. Hierbei werden vier Bewegungspunkte, die letztendlich für den Arbeitsprozess am Fahrzeug maßgeblich sind und die sich vor allem an der Fahrzeugkarosserie selbst befinden, im Fahrzeug-Koordinatensystem definiert und in den programmierten Bewegungsablauf einbezogen. Anschließend muss noch eine Übertragung dieser offline-programmierten Punkte in den tatsächlichen Bewegungsablauf stattfinden, wozu der Roboter mit einem Berührungssensor mindestens vier solcher Punkte anfährt, wobei dort die jeweiligen World-Koordinatensystem des Roboters angegebenen Koordinaten gelesen werden. Hierauf wird eine Transformationsmatrix erstellt, mit der die Koordinaten und Orientierungen aus dem Fahrzeug-Koordinatensystem in das World-Koordinatensystem des Roboters übertragen werden.

[0005] Aus der Literaturstelle TSAI R. Y. et al. "A New Technique for Fully Autonomous and Efficient 3D Robotics Hand/Eye Calibration" im IEEE Transactions on Robotics and Automation, 5(1989) June, no. 3, New York, US, S. 345-358 ist ein Verfahren zum Kalibrieren einer Kamera und zum Kalibrieren des Bezugs zwischen Kamera und Roboterhand sowie zwischen Roboterhand und Roboterbasis bekannt. Eine ähnliche Technik zeigt auch die Literaturstelle LOOSE D. C. et al.: "PPA-A Precise, Data Driven Compo-

nent Tool" in TEES Robotics and Automation Magazine, Bd. 1, Nr. 1, 01. März 1994, S. 6-12. Beide Entgegenhaltungen befassen sich jedoch nicht mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Vermessen von Werkstücken.

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein besseres Verfahren nebst Vorrichtung zur Vermessung von Werkstücken, insbesondere von Fahrzeugkarosserien und deren Teilen, z. B. Baugruppen und Anbauteilen, aufzuzeigen.

[0007] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.

[0008] Das Anmessen von Kalibriermarken in der Nähe, vorzugsweise im unmittelbaren Umfeld der Meßpunkte oder Meßräume am Werkstück hat den Vorteil, daß die Meßgenauigkeit des Roboters wesentlich erhöht wird. Der Roboter "nullt" sich an den Kalibriermarken und deren bekannter absoluter Position ein und kann somit ohne Berücksichtigung der Fehlerursachen eine Über-alles-Kalibrierung durchführen. Positionierfehler des Roboters während des Arbeits- und Meßbetriebs werden erkannt und insbesondere lokal besser kompensiert. Ferner kann über eine solche Kalibrierung auch eine Qualitätsüberwachung und -sicherung der Vermessung erreicht werden.

[0009] Durch die Kalibriermarken ist es möglich, den Arbeitsraum des Roboters bzw. den von ihm erreichbaren Meßraum am Werkstück in kleinere Teilarbeitsräume und sogenannte Unterräume zu unterteilen, in denen eine höhere Meßgenauigkeit möglich ist. Hierbei ist es ferner günstig, an den zugehörigen Meßmarken ein eigenes Meßkoordinatensystem aufzuspannen, das in einer bekannten Relation zum Fahrzeugkoordinatensystem steht und somit eine direkte Transferierung der Meßdaten in das Fahrzeugkoordinatensystem ermöglicht. Dabei ist außerdem eine 6-D-Anpassung des Meßkoordinatensystems (über drei lineare und drei rotatorische Achsen) zum Fahrzeugkoordinatensystem möglich.

[0010] Die Anordnung der Kalibriermarken in der Nähe der werkstückseitigen Meßpunkte hat den Vorteil, daß durch den Roboter, wie auch durch Zusatzachsen hervorgerufene Positionier- und Meßfehler minimiert werden. Die im Arbeits- und Bewegungsbereich des Manipulators im Teilarbeitsraum (Unterraum) der Kalibriermarken auftretenden Positionierfehler werden durch die Kalibriermarken kompensiert. Es besteht dann nur noch eine Einflußmöglichkeit durch Positionierfehler, die in dem kleinen Bewegungsreich zwischen den Kalibriermarken und den naheliegenden Meßpunkten theoretisch entstehen könnten. Dieser Fehler einfluß ist jedoch sehr gering.

[0011] Insgesamt ist das Meßverfahren und die Meßstation nach der Erfindung wesentlich genauer als beim Stand der Technik. Die Kalibriermarken, insbesondere die stationären Kalibriermarken, haben eine genau bekannte Position. Hierbei ist sowohl die Zuordnung zum World-Koordinatensystem der Vermessungsstation beziehungsweise zum Basis-Koordinatensystem des Meßroboters bekannt, wie auch die Zuordnung zum Fahrzeug-Koordinatensystem der zu vermessenden Karosserie. Die stationären Kalibriermarken ermöglichen es, den Arbeitsbereich des Meßroboters durch ein oder mehrere zusätzliche Fahrachsen zu vergrößern. Nach Beendigung der Fahrbewegung kann sich der Meßroboter an den Kalibriermarken einmessen und justieren. Er hat dann für die folgenden Vermessungstätigkeiten am Werkstück sofort wieder die erforderliche Genauigkeit.

[0012] Ein oder mehrere Meßmarken können auch am Werkstück und/oder an einem Werkstückträger, z. B. einer Grundplatte, in bekannter Lage angebracht sein. Dies ermöglicht es, den Arbeitsraum und den Meßbereich des Meßroboters durch eine Fahrbewegung des Werkstücks zu vergrößern. Hierbei kann der fehlerbehaftete Fahrweg über eine

Kalibrierung an diesen Kalibriermarken festgestellt und kompensiert werden. Die am Werkstückträger befindlichen Meßmarken können auch zur Kalibrierung des vorerwähnten Roboters mit ein oder mehreren zusätzlichen Fahrachsen eingesetzt werden.

[0013] Zudem braucht die Positionierung des zu vermessenden Werkstücks nicht hochgenau zu sein. Das Werkstück, insbesondere eine Fahrzeugkarosserie muß dabei auch nicht gespannt sein, wodurch Verzüge besser bemerkt werden. Die Vermessung kann ferner an Karosserieteilen vor der Montage- bzw. vor dem Fügen stattfinden.

[0014] Die genannte Kalibrierung kann zu beliebigen Zeitpunkten vor und während des Meßbetriebs ein- oder mehrmals durchgeführt werden. Bei Relativbewegungen zwischen Werkstück und Meßroboter während des Meßbetriebs wird eine Kalibrierung jedesmal unmittelbar nach der Fahrbewegung durchgeführt. Auf diese Weise können auch Fehlereinflüsse bemerkt und kompensiert werden, die sich während des Meßbetriebs durch Erwärmung des Meßroboters oder durch andere Einflüsse einstellen. Insbesondere wird mit den Meßmarken die absolute Positionier- und Meßgenauigkeit des Manipulators beziehungsweise Meßroboters ermittelt und verbessert.

[0015] Die Kalibriermarken ermöglichen darüber hinaus auch unterschiedliche Vermessungsverfahren. In dem üblichen und vom Zeitaufwand her schnellsten Vermessungsverfahren wird der Meßroboter mit seinem Meßwerkzeug direkt zum Werkstück und dessen Meßpunkten bewegt. Die Messung findet dann im World-Koordinatensystem beziehungsweise im Basis-Koordinatensystem des Roboters statt. Über die bekannte Lage des Werkstücks beziehungsweise des Werkstückträgers, die sich ebenfalls mit den trägerseitigen Kalibriermarken oder zeitsparend über eine separate externe Vermessung feststellen läßt, kann dann eine Transformation der Meßpunkt-Koordinaten in das Fahrzeug-Koordinatensystem durchgeführt werden. Über die Kalibriermarken ist es andererseits aber auch möglich, über die bekannte und genau festgelegte Position der Kalibriermarken eine Relativmessung durchzuführen, indem der Meßroboter von den Kalibriermarken und einem dort aufgespannten Koordinatensystem aus die Meßpunkte am Werkstück vermisst. Die Fehlereinflüsse sind hierbei wegen der minimierten Meßwege besonders klein. Auch bei diesem Verfahren kann eine Transformation der Meßpunkt-Koordinaten in das Fahrzeug-Koordinatensystem erfolgen.

[0016] Das Meßverfahren und die zugehörige Vorrichtung eignen sich besonders für optische Vermessungen mit einem vom Roboter geführten Kamerasystem und einem sogenannten 3-D-Sensor. Die Kalibriermarken haben hierfür vorzugsweise eine kreisrunde, ebene Kontur und sind als Öffnungen, Farbmarken oder Plättchen an ihren Trägern angeordnet.

[0017] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

[0018] Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise und schematisch dargestellt. Sie zeigt in

[0019] Fig. 1: eine Draufsicht auf eine Bearbeitungsbeziehungsweise Vermessungsstation mit einem Meßroboter, einer Fahrzeugkarosserie und mehreren Kalibriermarken.

[0020] Die Bearbeitungs- oder Meßstation (1) dient zur Vermessung von beliebigen Werkstücken (2). Vorzugsweise handelt es sich hierbei um die in der Zeichnung dargestellten Fahrzeugkarosserien und deren Bauteile, die beispielsweise entlang einer Transferlinie (4) in die Meßstation (1) gebracht und wieder abtransportiert werden.

[0021] Die Vermessung erfolgt über einen mehrachsigen Manipulator, vorzugsweise einen sechssachsigen Meßroboter (6), der zusätzlich mindestens eine weitere Fahrachse (9)

haben kann. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Meßroboter (6) auf einer Lineareinheit (8) montiert und kann mit dieser translatorisch entlang der Achse (9) gegenüber dem Werkstück (2) vor- und zurückbewegt werden. Die Fahrachse (9) beziehungsweise Lineareinheit (8) sind dabei vorzugsweise parallel zur Transferlinie (4) ausgerichtet. Über die ein oder mehreren Fahrachsen (9) wird der Arbeitsbereich des Meßroboters (6) vergrößert.

[0022] In Fig. 1 ist der Übersichtlichkeit wegen nur ein Meßroboter (6) dargestellt. Ein zweiter Meßroboter (6) in gleicher oder in ähnlicher Ausbildung kann auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet sein. Zudem können noch weitere Meßroboter oder Manipulatoren (6) vorhanden sein.

[0023] Der einzelne Meßroboter (6) trägt an seiner Roboterhand (7) ein geeignetes Meßwerkzeug (10). Hierbei handelt es sich vorzugsweise um ein optisches Erfassungssystem, z. B. einen sogenannten 3-D-Sensor, mit dem eine dreidimensionale Vermessung möglich ist.

[0024] Das Werkstück (2) ist auf einem Werkstückträger (5), z. B. einem sogenannten Skid für Fahrzeugkarosserien, angeordnet und wird mit diesem entlang der Transferlinie (4) bewegt. Am Werkstück (2) befinden sich ein oder mehrere definierte Meßpunkte (11), die für die Werkstückgeometrie, relevant sind und die eine bestimmte räumliche Position haben müssen. Bei der gezeigten Fahrzeugkarosserie (2) sind dies z. B. Bohrungen oder Kanten an bestimmten Stellen der Karosserie. Hierbei kann es sich auch um Karosseriebezugspunkte handeln, die in einer definierten Beziehung zu einem Fahrzeug-Koordinatensystem (3) stehen. Der Meßroboter (6) führt die Vermessungen unter Bezug auf sein Basis-Koordinatensystem oder auf ein World-Koordinatensystem (16) der Meßstation (1) durch. Die hierauf bezogenen Koordinaten der Meßpunkte (11) werden dann in Koordinaten des Fahrzeug-Koordinatensystemes (3) umgerechnet und transformiert. In der Praxis werden häufig das World-Koordinatensystem (16) und das Fahrzeug-Koordinatensystem (3) zusammengelegt.

[0025] In der Meßstation (1) sind in der Nähe der Meßpunkte (11) oder der Meßräume am Werkstück (2) mehrere Kalibriermarken (13) angeordnet. Sie befinden sich seitlich neben oder unter dem Werkstück (2). Sie sind Bestandteil einer Kalibriereinrichtung (12), die z. B. aus mehreren in genau bekannten Positionen stationär angeordneten Markenträgern (14) mit jeweils drei Kalibriermarken (13) besteht. Die Markenträger (14) haben beispielsweise eine Winkelform, wobei die Kalibriermarken (13) im Eckbereich und an den Schenkelenden angeordnet sind. Alternativ können die Markenträger (14) auch eine T-Form mit drei Kalibriermarken (13) an den Schenkelenden oder eine einfache Balkenform mit zwei Kalibriermarken (13) aufweisen. Die Kalibriermarken (13) können in gleicher oder in unterschiedlicher Höhe an den Markenträgern (14) angeordnet sein.

[0026] Außerdem können ein oder mehrere Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) oder der Werkstückgrundplatte angeordnet sein. Wie Fig. 1 verdeutlicht, ist z. B. eine Kalibriermarke (13) an einer Querstrebe des Skids befestigt. Auch diese Kalibriermarke (13) befindet sich in räumlicher Nähe zu ein oder mehreren Meßpunkten (11) an der Fahrzeugkarosserie (2). Als Kalibriermarken (13) können unter Umständen auch Bezugsmarken, z. B. Bezugsbohrungen am Werkstück (2) dienen.

[0027] Die Kalibriermarken (13) haben vorzugsweise eine kreisrunde Form oder Kontur. Sie bestehen aus Öffnungen in den Markenträgern (14) beziehungsweise dem Werkstückträger (5) oder aus aufgebracht kreisrunden Blättchen. Alternativ kann es sich auch um Farbmarken oder dergleichen handeln. Die Kalibriermarken (13) sind optisch erfaßbare Marken. Als kreisrunde ebene Marken haben sie

den Vorteil, daß sie vom Meßwerkzeug (10) aus jeder Orientierung heraus als Kreise oder Ellipsen erkannt werden, wobei der Mittelpunkt ohne größeren Aufwand erfaßt und berechnet werden kann.

[0028] Alternativ können die Kalibriermarken (13) je nach Art des Meßwerkzeugs (10) auch in beliebig anderer Weise ausgebildet sein. In Fig. 1 sind sie außerdem nur zum Teil dargestellt. Auf der anderen Karosserie-seite (= +y-Richtung) sowie in +z-Richtung verschoben können sich ähnliche Kalibriermarken (13) befinden.

[0029] Dem Meßroboter (6) kann außerdem ein Kalibrierkörper (15) mit mehreren eigenen Marken im Arbeitsbereich zugeordnet sein. Dieser Meßkörper erlaubt ein einmaliges Einrichten des Meßroboters (6) vor dem Meßbetrieb und während des Meßbetriebs eine Kompensation der relativen Achsenfehler (Denavit-Hartenberg Parameter).

[0030] Der Meßroboter (6) führt eine absolute Vermessung an den Meßpunkten (11) durch. Mit den Kalibriermarken (13) kann durch eine Verkleinerung des Arbeitsraumes auf kleinere Teilarbeitsräume (18) die absolute Positionierung und Meßgenauigkeit des Meßroboters verbessert, kontrolliert und gesichert werden. Durch ihre bekannte Position und ihre Nähe zu den Meßpunkten (11) des Werkstücks (2) können die beim Meßroboter (6) im Bewegungs- und Auslegerbereich bis zu den Kalibriermarken (13) eventuell auftretenden Positionierfehler erkannt und kompensiert werden. In dem verbleibenden kleinen Restweg von den Kalibriermarken (13) bis zu den Meßpunkten (11) ist ein eventuell auftretender Fehler minimal.

[0031] An den Kalibriermarken wird außerdem ein vorzugsweise kartesisches Meßkoordinatensystem (17) aufgespannt, in dem die Messungen innerhalb des zugehörigen Teilarbeitsraums (18) durchgeführt werden. Durch die bekannte absolute Lage der Kalibriermarken (13) und des Meßkoordinatensystems (17) ist eine einfache Koordinatentransformation der gemessenen Meßpunkt-Koordinaten in das Fahrzeugkoordinatensystem (3) oder ein anderes gewünschtes Koordinatensystem möglich.

[0032] Der Meßroboter (6) fährt zunächst einmal zu Beginn des Serienmeßbetriebs die Kalibriermarken am Kalibrierkörper (15) an, vermißt diese, berechnet daraus eventuelle Positionierfehler, und kompensiert diese in den Maschinendaten über geeignete Rechen- und Steuerprogramme in der Robotersteuerung (globale Kompensation der Positionierfehler des Roboters).

[0033] Bei der lokalen Kompensation, die der zusätzlichen Verbesserung der absoluten Positioniergenauigkeit dient, fährt der Meßroboter (6) mit seinem Meßwerkzeug (10) einen oder mehrere, vorzugsweise alle Markenträger (14) des Teilarbeitsraumes an und vermißt mindestens drei dort befindliche Kalibriermarken (13). Der Meßroboter (6) wird dabei kalibriert und "eingenußt". Bei der Kalibrierung werden seine in der Robotersteuerung für die Kalibriermarken (13) ermittelten Sollkoordinaten mit den aus der Vermessung bekannten Ortskoordinaten der Kalibriermarken (13) überschrieben.

[0034] Je drei Kalibriermarken (13) spannen das lokale Meßkoordinatensystem (17) auf. Der Kalibriervorgang kann auch während des Serien-Meßbetriebs ein- oder mehrmals wiederholt werden. Dabei werden während des Betriebs eventuell auftretende Einflüsse absoluter Fehler entdeckt und kompensiert, z. B. durch Verschleiß hervorgerufene Änderungen der Roboterbauteile.

[0035] Der Arbeits- und Meßbereich des oder der Meßroboter (6) kann einerseits über die Fahrachse(n) (9) und andererseits über eine Verschiebewegung des Werkstückträgers (5) mit dem Werkstück (2) vergrößert werden. Wenn eine solche Relativbewegung zwischen Meßroboter (6) und

Werkstück (2) stattfindet, wird nach Ende der Bewegung und vor Aufnahme der Vermessungsarbeiten eine Kalibrierung durchgeführt. Wenn der Meßroboter (6) sich entlang seiner Fahrachse(n) (9) bewegt, kalibriert er sich an ein oder mehreren stationären Markenträgern (14) und deren Kalibriermarken (13). Wenn das Werkstück (2) sich bewegt, findet die Kalibrierung über ein oder mehrere Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) statt. Trotz Vergrößerung des Arbeitsraumes durch eine Fahrachse (9) liegt infolge der lokalen Kalibrierung in unmittelbarer Bauteilnähe keine schlechtere Meßgenauigkeit vor. Über diese Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) kann zudem die Position des Werkstücks (2) beziehungsweise des Werkstückträgers (5) aufgenommen und für die Vermessung der Meßpunkte (11) herangezogen werden. Auf diese Weise erfolgt eine exakte Bestimmung der aktuellen Bauteillage in Bezug auf das World- bzw. Roboterbasis-Koordinatensystem.

[0036] Abwandlungen der gezeigten Ausführungsform sind in verschiedener Weise möglich. Zum einen können die Ausbildung und Zahl der Werkstücke (2) und deren Transport variieren. Veränderlich sind zudem Zahl und Ausbildung der Manipulatoren (6) beziehungsweise Industrieroboter (6) sowie der Meßwerkzeuge (10). Je nach Art der Meßpunkte (11) am Werkstück (2) kann zudem die Zahl und Anordnung der Kalibriermarken (13) beziehungsweise der Markenträger (14) variieren. Veränderlich ist auch die Form der Markenträger (14) und der Kalibriermarken (13).

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Bearbeitungsstation
- 2 Werkstück, Fahrzeugkarosserie
- 3 Fahrzeug-Koordinatensystem
- 4 Transferlinie, Längsachse
- 5 Werkstückträger, Skid
- 6 Manipulator, Meßroboter
- 7 Roboterhand
- 8 Lineareinheit
- 9 Fahrachse
- 10 Meßwerkzeug, 3D-Sensor
- 11 Meßpunkt
- 12 Kalibriereinrichtung
- 13 Kalibriermarke
- 14 Markenträger
- 15 Kalibrierkörper
- 16 World-Koordinatensystem
- 17 Meßkoordinatensystem
- 18 Teilarbeitsraum

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermessen von Werkstücken, insbesondere Fahrzeugkarosserien und deren Teilen, in einer Bearbeitungsstation mit mindestens einem Meßwerkzeug, das von mindestens einem mehrachsigen Manipulator, insbesondere einem Meßroboter, geführt und an ein oder mehrere Messpunkte am Werkstück bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Manipulator (6) vor oder während der Vermessungen durch Anmessen von mehreren in der Nähe der werkstückseitigen Messpunkte (11) oder Messräume mit bekannter Position angeordneten Kalibriermarken (13) kalibriert und dabei eingenußt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an den Kalibriermarken (13) ein Meßkoordinatensystem (17) aufgespannt wird, in dem die Vermessungen erfolgen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass bei der Kalibrierung im Bereich der Messpunkte (11) und Kalibriermarken (13) Teilarbeitsräume (18) generiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) und/oder das Werkstück (2) bei der Vermessung relativ zueinander bewegt werden, wobei nach der Bewegung vor der nächsten Vermessung eine Kalibrierung des Manipulators (6) an den Kalibriermarken (13) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung und die Kalibrierung mit dem gleichen Messwerkzeug (10) durchgeführt werden.

6. Bearbeitungsstation, insbesondere Vermessungsstation, zum Vermessen von Werkstücken, insbesondere Fahrzeugkarosserien und deren Teilen, mit mindestens einem Messwerkzeug, das von mindestens einem mehrachsigen Manipulator, insbesondere einem Messroboter, geführt und an ein oder mehrere Messpunkte am Werkstück bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nähe der werkstückseitigen Messpunkte (11) oder Messräume mehrere Kalibriermarken (13) mit bekannter Position zum Einnullen für den Manipulator (6) angeordnet sind.

7. Bearbeitungsstation nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibriermarken (13) an einem oder mehreren ortsfesten Markenträger(n) (14) und/oder an einem Werkstückträger (5) und/oder am Werkstück (2) angeordnet sind.

8. Bearbeitungsstation nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kalibriermarken (13) in einer Gruppe mit definierter räumlicher Distanz zueinander angeordnet sind.

9. Bearbeitungsstation nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ortsfesten Kalibriermarken (13) eine bekannte Position im Fahrzeug-Koordinatensystem (3) und im World-Koordinatensystem (16) der Bearbeitungsstation (1) oder im Basis-Koordinatensystem des Manipulators (6) einnehmen.

10. Bearbeitungsstation nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Messwerkzeug (10) als optisches Vermessungssystem, insbesondere als optischer 3D-Sensor, ausgebildet ist.

11. Bearbeitungsstation nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibriermarken (13) eine ebene kreisrunde Kontur aufweisen und als Öffnungen, Blättchen oder Farbmarken ausgebildet sind.

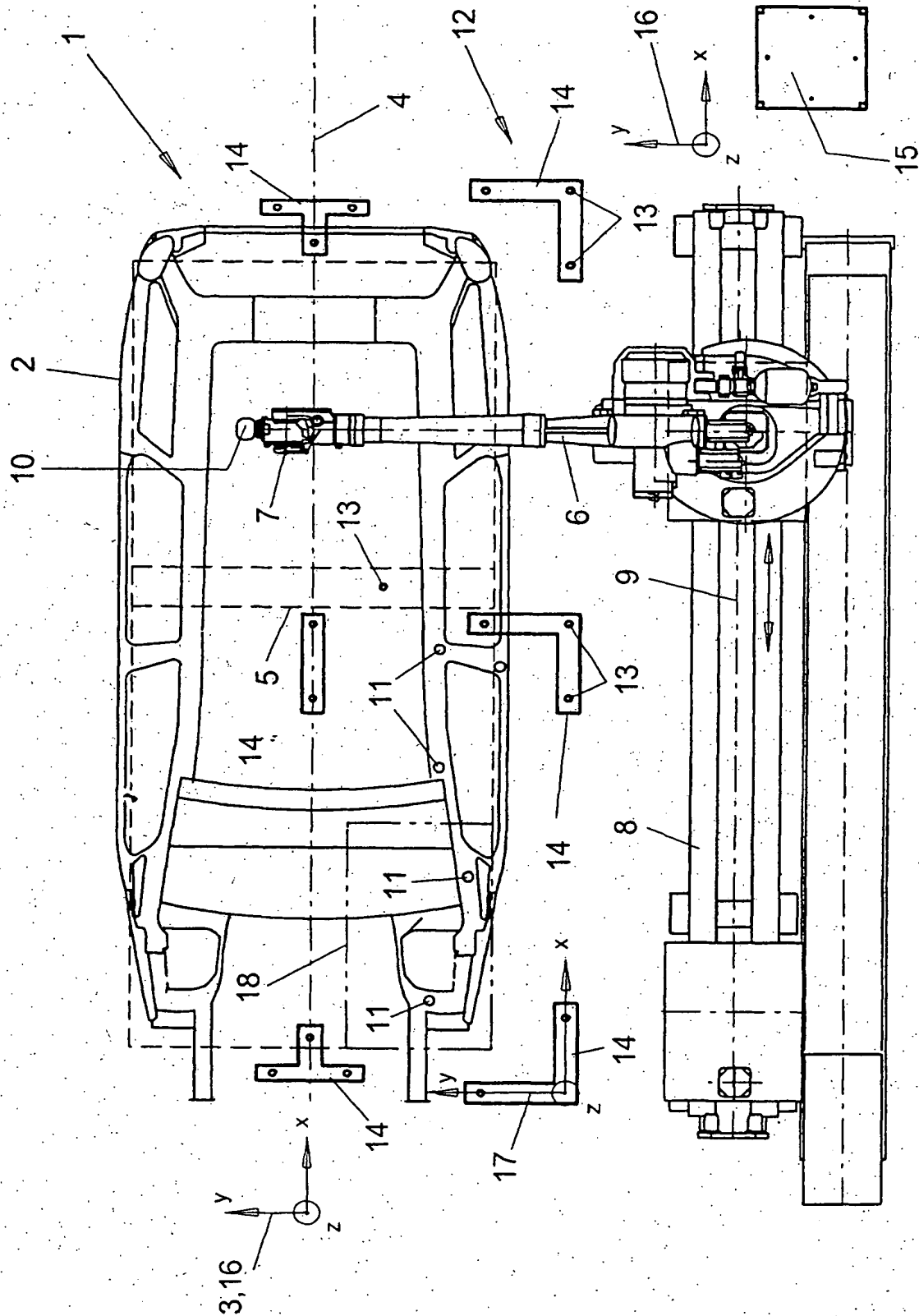
12. Bearbeitungsstation nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) und/oder das Werkstück (2) mit mindestens einer zusätzlichen Fahrachse (9) beweglich angeordnet sind.

13. Bearbeitungsstation nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) und/oder das Werkstück (2) auf mindestens einer Lineareinheit (8) angeordnet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

65



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**